

BREVET D'INVENTION

PREMIÈRE ET UNIQUE
PUBLICATION

(22) Date de dépôt..... 17 janvier 1969, à 15 h 45 mn.
(41) Date de la décision de délivrance..... 9 novembre 1970.
Publication de la délivrance..... B.O.P.I. — « Listes » n° 42 du 20-11-1970.

(51) Classification internationale (Int. Cl.).... **G 10 k 11/00.**
(71) Déposant : WALSH Lincoln, résidant aux États-Unis d'Amérique.

Mandataire : Cabinet Tony-Durand, 22, boulevard Voltaire, Paris (11°).

(54) **Haut-parleur à membrane conique.**

(72) Invention : _____

(33) (32) (31) _____

BEST AVAILABLE COPY

La présente invention a trait aux dispositifs reproducteurs de sons (haut-parleurs), notamment du type dont la surface qui assure le rayonnement du son est constituée par une membrane de forme conique.

- 5 Les haut-parleurs classiques comportent une membrane qui est en fait un piston totalement désorganisé qui diffuse une " fraction " de son pendant une période relativement longue, ce qui fait chevaucher entre eux des sons qui étaient distincts à l'origine et occasionne un " voilage ".
- 10 La membrane s'apparente à un piston, rigide aux basses fréquences, et qui devient une surface vibrante totalement désorganisée aux fréquences moyennes et hautes. Le diagramme des vibrations se compose d'ondes et de noeuds nombreux, immuables et irréguliers, et de faibles changements de fréquence déterminent
- 15 une modification rapide de ce diagramme. La sortie sonore est la résultante vectorielle d'une multitude de mouvements ondulatoires produits dans les différentes parties de la membrane. Elle diffère sensiblement sur l'axe et aux différents angles s'écartant de cet axe.
- 20 Du fait que cette action de la membrane est tellement désorganisée et variable selon la fréquence, elle n'est ni analysable, ni prévisible. Les conceptions sont basées sur une méthode purement empirique visant à réaliser l'équilibre sonore désiré et la gamme de fréquences la plus large possible. L'action compliquée
- 25 produite par la membrane classique est le résultat : 1) de la vitesse sub-sonique des ondes vibratoires, 2) de la multitude de réflexions d'ondes, qui persistent pendant plusieurs centièmes de seconde, et 3) des irrégularités de la matière, lesquelles sont accentuées par lesdites réflexions multiples.
- 30 Les haut-parleurs classiques exercent trois effets principaux sur les sons produits, à savoir : a) le début rapide d'un son est rendu moins rapide; b) l'arrêt rapide d'un son est rendu moins rapide; et c) à chaque début et arrêt d'un son, des sons transitoires (vibrations propres du haut-parleur) sont excités
- 35 et il leur faut un temps appréciable pour s'éteindre. Ces sons parasites qui caractérisent les haut-parleurs n'ont aucune relation avec les sons dus au signal, mais ils ajoutent une qualité discordante qui se heurte à la reproduction sonore et la dégrade.

Le but essentiel consiste à reproduire de la musique et d'autres sons à partir d'un signal électrique d'entrée à fréquence acoustique, avec précision et autant que possible avec une répartition de 360° dans l'espace. Pour réaliser ce but il est indispensable que le son émis par le haut-parleur et reproduit à partir d'un fragment unique de signal d'entrée à fréquence acoustique soit diffusé par rayonnement, en totalité et au même instant. C'est ce que l'on appelle un " son cohérent ". Dans un local, contrairement à ce qui se passe au dehors, les réflexions produites par les murs, le plafond et le sol peuvent provoquer l'arrivée de ce son à l'oreille de l'auditeur avec une certaine réverbération.

D'autres buts consistent à prévoir un haut-parleur 1) qui soit fondamentalement simple, afin d'en permettre la reproduction facile lors de la fabrication et à un bas prix de revient; 2) qui soit capable de reproduire les sons pratiquement sur la totalité de la fréquence acoustique dans un haut-parleur unique; 3) qui puisse être fabriqué dans une certaine gamme de dimensions, allant du petit modèle au grand modèle capable de traiter de très grandes puissances; 4) qui puisse être créé, pour l'ensemble de sa gamme de caractéristiques, par des procédés analytiques rationnels, contrairement aux méthodes empiriques qui dominent actuellement dans la mise au point des haut-parleurs, et 5) qui possède une enceinte dont l'aspect soit à la fois nouveau et attrayant, ainsi qu'une qualité supérieure de diffusion acoustique.

Suivant la présente invention, dans ce haut-parleur à " son cohérent ", une membrane, qui est un dispositif organisé de rayonnement d'ondes progressives, reproduit chaque fraction distincte de son instantanément ou d'une façon cohérente.

L'élément générateur du son est une membrane mise en vibration par une bobine mobile. Les vibrations parcourent la membrane sous forme d'ondes et selon un mode organisé, à vitesse supersonique, mais une seule fois. Ensuite, l'énergie de l'onde est amortie ou absorbée.

Le son est reproduit par la face convexe d'une membrane conique dont l'axe est vertical et qui agit comme une ligne mécanique de transmission d'ondes, terminée et rayonnante, aux

fréquences élevées, et assure une transition sans à-coups pour ressembler sensiblement à un piston rigide aux fréquences les plus basses.

5 La diffusion du son est naturellement omni-directionnelle, dans un plan perpendiculaire à l'axe de la membrane conique.

La membrane de reproduction sonore sera de préférence conique. Dans cette membrane, la vitesse des ondes vibratoires et l'angle que forme cette membrane devront idéalement être tels que la composante de ladite vitesse dans la direction du rayonnement sonore optimal désiré soit sensiblement égale à la vitesse des ondes sonores dans l'air.

10 L'énergie ondulatoire est pratiquement absorbée après que les ondes ont parcouru la membrane entre l'extrémité commandée et l'extrémité opposée de celle-ci et qu'elles ont émis par rayonnement les ondes sonores désirées.

Si 1) la vitesse des ondes vibratoires produisant les sons a la valeur supersonique correcte pour l'angle considéré, et si cette vitesse est constante dans l'ensemble de la membrane et sur la gamme des fréquences, et si 2) l'énergie ondulatoire est 20 totalement absorbée par l'extrémité opposée à l'extrémité de commande, l'efficacité du rayonnement sonore sera uniforme ou variera très peu sur la gamme désirée de fréquences, tandis que les ondes sonores retardées ou les effets transitoires seront pratiquement nuls.

25 Si l'on se reporte maintenant aux dessins annexés, dans ces dessins :

la figure 1 est une vue schématique en coupe latérale d'un mode préféré de réalisation de l'invention, où l'on voit le haut-parleur et l'enceinte ou " baffle " y associé;

30 la figure 1A est une vue schématique en plan du haut-parleur représenté figure 1;

la figure 2A montre la répartition des sons par rayonnement directionnel dans un plan perpendiculaire à l'axe du haut-parleur;

35 la figure 2B montre le graphique de cette répartition dans un plan passant par l'axe du haut-parleur;

la figure 3 montre, à échelle agrandie et en coupe radiale, la membrane et un anneau souple en élastomère utilisé pour amor-

tir ou absorber l'onde vibratoire au bord de la membrane;

la figure 4 montre une coupe radiale analogue de la membrane et de son anneau souple, ce dernier étant ici de forme creuse et contenant un fluide, une partie de l'anneau se déplaçant avec turbulence pour absorber l'onde vibratoire le long du bord de la membrane;

la figure 5 est une coupe axiale schématique d'un second mode de réalisation de l'invention;

la figure 6 - qui se décompose en fait en plusieurs figures 6a à 6e, soit une vue en plan 6a et des schémas en vue latérale 6b, 6c, 6d et 6e, - montre la progression d'une onde vibratoire dans la membrane et le front d'onde résultant produit dans l'air,

la figure 7 est un diagramme montrant le mouvement ondulatoire ou vibratoire supersonique produit dans une membrane, ainsi que l'onde sonore produite dans l'air par suite de ce mouvement.

On a représenté dans la figure 1 l'aspect physique d'un mode préféré de réalisation de la présente invention. Il s'agit, dans cet exemple, d'une membrane conique 1 d'angle relativement faible, supportée par une structure ou châssis mécanique 2 qui lui permet de vibrer librement dans le sens axial dans de certaines limites, et sous contrainte dans le sens radial. L'angle du cône est un facteur critique, ainsi qu'il sera expliqué par la suite. L'axe est normalement vertical. Les ondes sonores propagées dans l'air sont produites et se déplacent vers l'extérieur, radialement, à partir de la face convexe de la membrane 1. Les ondes sonores sont uniformes dans toutes les directions autour de l'axe vertical et atteignent toutes les zones où les oreilles de l'auditeur pourraient se trouver. Les ondes sonores ou acoustiques produites par la face concave (intérieur) de la membrane sont absorbées ou réduites par l'enceinte ou baffle.

La bobine mobile 3 est reliée par le tube de bobine mobile 13 à l'extrémité la plus petite de la membrane conique et elle est placée dans un champ magnétique circulaire 5 afin d'appliquer à la membrane une force vibratoire qui varie selon des variations intervenant dans le signal électrique alternatif de sortie appliqué à la bobine mobile 3. De préférence, cette bobine mobile comporte un grand nombre de spires de fil fin. Une armature magnétique 4 contient l'entrefer magnétique circulaire 5

dans lequel est disposée la bobine mobile 3. Une cloison souple 6 sert à centrer l'extrémité de petit diamètre de la membrane 1 ainsi que la bobine mobile 3, tout en permettant leur déplacement axial. Une seconde cloison souple 7 sert à centrer l'extrémité de plus grand diamètre de la membrane 1 tout en permettant son déplacement axial et en obturant hermétiquement l'ouverture annulaire pour empêcher toute fuite d'air. Un matériau absorbant 8, qui peut être combiné avec la cloison de centrage et de fermeture étanche 7, sert à absorber l'énergie ondulatoire ou vibratoire à l'extrémité de plus grand diamètre de la membrane 1. Le matériau absorbant 8, qui peut être constitué par de la mousse plastique, est éventuellement collé, comme le montre la figure, contre la face interne du cône formé par la membrane. Une enceinte amortisseuse du son 9 ferme la grande extrémité de la membrane 1. Un bourrage en matériau insonorisant 10 est placé dans l'enceinte 9. Un élément distinct 11 en matériau insonorisant entoure la petite extrémité de la membrane 1. Une couronne de montage 12 sert à fixer le châssis 2 et la cloison 7.

Si l'on se reporte maintenant aux figures 6c, 6d et 6e, on y voit successivement, à des intervalles de temps de l'ordre de la microseconde, les positions 20, 21 et 22 de l'onde vibratoire et du front d'onde engendré dans l'air par cette onde vibratoire alors qu'elle descend le long de la membrane à vitesse supersonique. Si la composante transversale du mouvement ondulatoire dans la membrane a une vitesse constante v_{td} égale à la vitesse du son dans l'air v_a multipliée par le facteur $1/\cos \alpha$, α étant l'angle compris entre le rayon incliné du cône et un plan perpendiculaire à l'axe de la membrane, le front d'onde que montrent les figures 6b à 6e sera parallèle à l'axe et, comme le montre la figure 6a ce front sera circulaire et d'abord cylindrique. L'onde sonore sera donc propagée dans l'air essentiellement dans un plan horizontal. Les fronts d'ondes sonores s'incurvent dans des directions qui leur donne une forme sphérique au-dessus et au-dessous de la membrane, comme l'indiquent les traits interrompus représentant ces fronts d'ondes.

Si la vitesse de propagation des ondes dans la membrane, soit v_{td} , est supersonique mais inférieure à $v_a \frac{1}{\cos \alpha}$, les fronts d'ondes s'infléchiront vers l'extérieur au sommet, et le rayonnement de l'onde sonore aura tendance à se produire vers le

bas. Si v_{td} est supérieur à $v \frac{1}{\cos \alpha}$, les fronts d'ondes s'infléchiront vers l'extérieur mais à la base, et le rayonnement de l'onde sonore aura tendance à s'élever.

5 Sur les figures 6a à 6e, les ondes sonores engendrées par les faces internes de la membrane ne sont pas indiquées car elles ne s'irradient pas; ces ondes sont au contraire absorbées ou contenues par l'enceinte 9, ce que seule la figure 1 montre d'une façon schématique.

10 Toutes les différentes zones de la membrane représentées par les figures 6a à 6e seront effectivement en phase, bien qu'elles ne le soient pas en réalité, et par conséquent le son produit sera un " son cohérent ". L'usage de l'adjectif " cohérent " est conforme à celui qu'on en fait dans l'expression " lumière cohérente " qui désigne la lumière produite par un
15 laser.

Si la vitesse de propagation des ondes dans la membrane est inférieure à la vitesse du son dans l'air, des ondes sonores irradiées dans l'air ne s'ajoutent jamais totalement à un moment quelconque. A toutes les fréquences, il se produit une certaine
20 annulation, et à certaines fréquences l'effacement ou annulation est presque total. C'est là un des principaux facteurs qui déterminent la dégradation de la qualité dans les haut-parleurs de conception classique.

En outre, dans un haut-parleur classique, pour réaliser le
25 meilleur équilibre possible du timbre et la meilleure uniformité possible de réponse sur la gamme des fréquences, on apporte des changements au matériau de base de la membrane, à son angle, ainsi qu'à la nature et à la quantité de vernis ou autre matière de saturation appliquée à la membrane. Ce changement s'effectue
30 suivant une méthode qui procède par tâtonnements. Le résultat le plus fréquent est que l'amortissement des vibrations et des ondes dans la membrane est tel qu'une fraction distincte de signal persiste pendant plusieurs microsecondes et dans certains cas jusqu'à 20 microsecondes.

35 L'essentiel de la conception de base de la présente invention réside dans le rapport entre la vitesse d'ondes transversales qui se propagent dans une membrane (v_{tm}), la vitesse du son dans l'air (v_a), et la forme ou le diagramme des ondes sono-

res résultantes dans l'air.

La figure 7 montre une coupe faite à travers une membrane 23, désignée par AM, qui s'élargit dans une direction perpendiculaire à la surface du dessin. Des ondes transversales 24
5 sont produites dans la membrane 23 à une fréquence f par un vibreur 25 le long d'une ligne qui représente la dimension réelle de la membrane normalement au plan du dessin, cette ligne étant représentée par le point A.

Ces vibrations sont transmises le long de la membrane 23
10 sous forme d'un mouvement ondulatoire transversal à une vitesse v_{tm} plus grande que la vitesse du son dans l'air. Ce mouvement ondulatoire produit dans la membrane 23, produit des ondes sonores 26 dans l'air sur les deux faces de la membrane 23; ces ondes sont identiques, sauf qu'elles sont en opposition de
15 phase, mais on ne tiendra compte que de celles qui sont propagées sur le côté droit.

Le point L est un point d'écoute, dont la distance est telle que les lignes droites de A à L et de M à L sont presque parallèles. Les lignes partant du milieu J de la membrane vers L
20 forment un angle θ avec la membrane AM. Une partie de l'énergie ondulatoire se propagera le long d'un trajet direct entre A et L, qui est le chemin le plus court. D'autres ondes parcoureront la membrane jusqu'à des points intermédiaires ou jusqu'à M, pour suivre ensuite un parcours direct dans l'air jusqu'à L.
25 Ces trajets sont, bien entendu, plus longs que le trajet direct dans l'air de A à L.

Le temps nécessaire pour que les ondes sonores parcourent les trajets les plus longs sera égal au temps nécessaire pour parcourir le trajet direct et plus court, lorsque la vitesse
30 dans la membrane v_{tm} est supérieure de la valeur $1/\cos \theta$ à la vitesse dans l'air v_a .

Si l'on regarde en arrière à partir du point L, la source sonore semblera être constituée par une membrane virtuelle MD dont toutes les zones sont mises en vibration à l'unisson et se
35 complètent les unes les autres. Il n'y aura ni interférence, ni annulation, et le rayonnement des sons sera cohérent.

Cet état cohérent se réalisera à toutes les fréquences, à condition que la vitesse de propagation des ondes dans la mem-

brane (v_{tm}) soit identique pour toutes les fréquences.

Or, la membrane AM constitue l'hypothénuse, et la membrane virtuelle MD un des côtés d'un triangle rectangle dont l'autre côté est AD.

5 Pour que la membrane virtuelle vibre en totalité en phase comme le ferait un piston rigide, il faudrait que la valeur des longueurs d'ondes dans la membrane AM fût identique à la valeur correspondante obtenue dans le trajet dans l'air AD, c'est-à-dire entre la membrane réelle et la membrane virtuelle. Pour
10 réaliser cette condition, il faut que la vitesse du son dans la membrane (v_{tm}) soit constamment supérieure à la vitesse dans l'air de la valeur précitée $1/\cos \theta$

Or, si la vitesse dans la membrane est donnée, l'angle de rayonnement du son cohérent, qui est l'angle de rayonnement maxi-
15 mal du son, sera $\cos^{-1} v_a/v_{tm}$.

La largeur effective de la surface de rayonnement du son, aux fins de directivité, dans le plan du dessin, correspond approximativement à la largeur de la membrane virtuelle MD, qui est la largeur de la membrane AM $\times \cos \theta$. Aux fréquences éle-
20 vées, par exemple de l'ordre de 16kHz, la longueur d'onde est de 21,6 mm, et une membrane aurait des dimensions égales à plusieurs longueurs d'onde. On obtiendrait ainsi une qualité directionnelle bien définie du faisceau sonore. A une basse fréquence-type de 100 Hz, la longueur d'onde est de 3,45 m. Dans ce cas,
25 la dimension de la membrane ne représente qu'une faible fraction d'une longueur d'onde, et l'effet de directivité est négligeable. La directivité change progressivement pour passer d'une très large directivité aux basses fréquences, où les longueurs d'ondes sont longues par rapport aux dimensions de la membrane,
30 à une directivité étroite aux fréquences élevées où les longueurs d'ondes sont très courtes par rapport aux dimensions de la membrane.

La figure 2A montre le diagramme directionnel du nouveau haut-parleur suivant l'invention, dans un plan perpendiculaire
35 à l'axe. Ce diagramme de directivité est essentiellement uniforme dans toutes les directions en raison de la symétrie circulaire du haut-parleur.

La figure 2B montre la forme approximative du diagramme de directivité du nouveau haut-parleur suivant l'invention mais dans le plan axial. La largeur du lobe principal de ce diagramme est :

$$\begin{aligned} 1 &= 2 \sin^{-1} \frac{\text{longueur d'onde dans l'air}}{\text{hauteur de la membrane conique}} \\ &= 2 \sin^{-1} \frac{345 \text{ mètres}}{\text{fréquence} \times \text{haut. de la membrane con.}} \end{aligned}$$

- 10 Pour une hauteur de membrane de 152 mm et une fréquence de 16 kHz la largeur angulaire du faisceau total est de 16 degrés. Pour la même hauteur de membrane de 152 mm et une fréquence de 4 kHz, la largeur angulaire du faisceau dépasse 60°.

- 15 En se référant à la figure 1, lorsqu'une onde parcourt la totalité du rayon incliné de la membrane et arrive au bord de celle-ci, l'énergie de l'onde est absorbée aussi complètement que possible par la cloison annulaire 7 et le matériau absorbant 8. La cloison annulaire 7 est très souple pour permettre le libre débattement axial de la membrane 1 avec une valeur adéquate de
- 20 l'effort de rappel. On peut la réaliser en utilisant un matériau dont la viscosité ou l'hystérésis mécanique est telle qu'elle puisse absorber une grande quantité d'énergie vibratoire sur une gamme étendue de fréquences. Pour compléter l'effet d'absorption ou d'amortissement produit par la cloison annulaire 7, le matériau absorbant 8 est fixé au bord extérieur de la membrane sur
- 25 une certaine distance, radialement vers l'intérieur, ce matériau 8 pouvant être constitué par une garniture annulaire en matériau à pouvoir élevé d'absorption d'énergie. Il peut s'agir par exemple d'un élastomère à texture solide ou cellulaire (mousse) ou d'une combinaison des deux. On peut utiliser par exemple
- 30 de la mousse de polyuréthane.

- Toute énergie ondulatoire qui n'a pas été absorbée par les éléments 7 et 8 du haut-parleur sera réfléchiée dans la membrane vers la bobine mobile et produit des ondes sonores retardées
- 35 dans l'air. Toutefois, le composant principal ou lobe directionnel suivra une direction ascendante et produira un effet diminué sur le son atteignant la zone d'audition. Les effets indésirables sont en outre réduits par la couronne 11 en matériau insonori-

sant qui absorbe dans une certaine mesure les sons indésirables.

L'analyse indique que la vitesse des ondes transversales dans la membrane v_{td} augmente selon que l'angle de celle-ci est plus ou moins grand. La vitesse dans la direction désirée, généralement horizontale, est $v_{td} \times \cos \alpha$, et $\cos \alpha$ diminue au fur et à mesure que l'angle se rapproche de 90° . Par conséquent, il existe un angle auquel la composante horizontale de la vitesse, $v_{td} \times \cos \alpha$, est maximale.

En outre, ainsi qu'il a été signalé plus haut, la vitesse de propagation des ondes varie sensiblement entre le cercle d'excitation ou de commande, à la petite base de la membrane, et la grande base ou extrémité non commandée, pour augmenter généralement vers cette grande base.

De plus, l'analyse indique que la vitesse de propagation des ondes v_{td} augmente lorsqu'on modifie les facteurs ci-après dans le sens indiqué : a) Densité (diminue); b) module d'élasticité dans le sens radial incliné (augmente); et c) module d'élasticité dans la direction circonférentielle (diminue).

Pour atteindre la cohérence maximale et, par conséquent, le rendement optimal, la composante relative à la direction désirée ($v_{td} \times \cos \alpha$) de la vitesse sera donc égale à la vitesse du son dans l'air, v_a , qui est de 345m/s.

Pour maintenir constante la composante horizontale de la vitesse à la valeur désirée, il existe plusieurs méthodes que l'on peut utiliser séparément ou en combinaison; parmi ces méthodes on peut citer :

1) L'usage d'une membrane conique constituée par une mince feuille de matériau à module élevé d'élasticité, d'épaisseur sensiblement constante, assemblée par secteurs, s'il y a lieu, afin d'obtenir un module uniforme le long des différents rayons inclinés; on y fixe une couche d'un matériau à faible module et d'épaisseur variable, celle-ci étant la plus grande au plus grand rayon. Le matériau à module élevé pourrait être constitué, par exemple, par de l'aluminium, de la fibre dure, ou du papier. Le matériau à faible module pourrait être constitué par de la fibre molle, ou du papier, du caoutchouc, de la matière plastique, voire une combinaison de ces différents matériaux.

2) Fabriquer la membrane conique de façon à permettre le

contrôle des différents modules, densités, angle, etc.. dans les diverses zones de la membrane, tout en conservant des propriétés uniformes autour de l'axe.

- 3) Fabriquer la membrane conique (éventuellement par un procédé de moulage) afin que sa section transversale soit incurvée au lieu d'être droite.

Les deux premières méthodes peuvent également être utiles par le fait qu'elles complètent l'effet d'absorption d'énergie vibratoire à la plus grande base et à proximité de la plus grande base de la membrane conique.

Des données relatives à la construction de modèles particuliers de haut-parleurs suivant l'invention figurent ci-dessous. Les membranes sont réalisées par des secteurs de façon à permettre une orientation uniforme du grain du matériau qui les composent, ce qui est indispensable pour réaliser l'uniformité de la vitesse de propagation des ondes. Les membranes en fibres feutrées ou en papier ont été réalisées avec le grain orienté radialement, tandis que les membranes en aluminium avaient un grain orienté dans le sens circonférentiel. Les tubes de bobines mobiles étaient réalisés en feuille d'aluminium de 0,075 mm d'épaisseur, et tous avaient un diamètre de 38 mm.

Modèle J. La membrane était en fibres feutrées et son angle était de 60°. Le diamètre de la grande base était de 152 mm. La bobine mobile était composée de 35 spires de fil d'aluminium de 0,142 mm de diamètre (jauge No 35). L'enceinte avait une capacité volumétrique de 10,5 dm³. L'amortissement s'effectuait tant à l'intérieur contre la fibre de la membrane que dans la cloison souple qui l'entourait.

Modèle L. La membrane était en tôle d'aluminium de 0,075 mm d'épaisseur et formait un angle de 70°. Le diamètre de la grande base était de 152 mm. La bobine mobile était composée de 35 spires de fil d'aluminium de 0,142 mm d'épaisseur (jauge No 35). L'enceinte avait une capacité volumétrique de 10,5 dm³. L'amortissement s'effectuait par la cloison souple entourant la grande base et par un disque circulaire en mousse de polyuréthane d'une épaisseur de 25 mm et d'un diamètre de 165 mm, collé dans la grande base de la membrane conique.

L'extrémité inférieure de la gamme des fréquences utiles de

ces haut-parleurs se situe à environ 40 Hz. L'extrémité supérieure de la gamme était d'environ 14 kHz pour le Modèle J et 34 kHz pour le Modèle L.

5 L'angle d'un cône est l'angle formé par un plan perpendiculaire à l'axe avec une ligne droite qui s'étend le long d'un rayon incliné partant du cercle de commande ou d'excitation et aboutissant au bord extérieur du cône, où s'effectue la jonction entre la partie rigide et la partie marginale souple. Une membrane conique est une feuille incurvée, mince, circulaire, à 10 trois dimensions, dont la surface a une forme telle que l'on pourrait l'engendrer par une ligne droite ou courbe d'intersection autour d'un axe. Une telle surface engendrée par une ligne courbe n'est pas exactement un cône, mais on la désigne généralement par cette expression dans l'industrie des haut-parleurs, 15 et la présente description désigne une surface de ce genre par l'expression de " cône ". Une membrane elliptique ou autre membrane tri-dimensionnelle possède des caractéristiques analogues et on la désigne également par cette expression de " cône " dans l'industrie et dans la présente description.

20 La membrane conique peut être mise en forme par moulage, pressage, ou réalisée à partir d'une feuille plane pourvue d'un ou plusieurs joints ou lignes d'assemblage. Elle peut être fabriquée en papier, en fibres à base cellulosique, ou en matière plastique, mais elle sera fabriquée de préférence en tôle mince.

25 Le haut-parleur que montre la figure 5 est construit avec une membrane conique en mince tôle d'aluminium dur 1, sur laquelle on a collé une couche de papier 32 et une couche conique de polyuréthane expansé ou solide 33, d'une hauteur de 75 cm ou davantage, et formant un angle de cône (défini plus haut) de 80° 30 ou davantage.

Le ou les matériaux constitutifs de la membrane possèdent un pouvoir absorbant ou amortisseur élevé, afin que, à 16 kHz, seule une très faible énergie ondulatoire parvienne à l'extrémité où se trouve la bobine mobile, tandis que, à 4 kHz, l'énergie parvenant à plus de 60 cm de cette même extrémité soit 35 minime ou très faible. Pour des fréquences plus basses, il se peut qu'un moyen d'absorption soit encore nécessaire sur le bord de la membrane.

Dans ces conditions, la diffusion verticale du son serait suffisante, aux fréquences élevées, malgré l'usage d'une membrane conique très haute, et les facteurs de dégradation n'atteindraient que de très faibles valeurs.

5 L'énergie ondulatoire atteignant le bord de la membrane est pratiquement absorbée par le moyen adéquat désigné par 8 sur la figure 1 et sur la figure 5, de sorte que, seule une fraction très faible ou nulle, soit réfléchiée en arrière et radialement vers l'intérieur. Cela permet de diminuer ou de supprimer le
10 rayonnement transitoire et retardé du son par la membrane.

L'énergie ondulatoire non absorbée réfléchiée radialement vers l'intérieur de la membrane émettra quelques sons au même angle θ (voir figure 7), mais dans le sens opposé, ce qui donne un angle bien au-dessus de l'horizontale. Une feuille 11 en maté-
15 riau insonorisant (figure 1), montée au-dessus de la membrane, sert à absorber une fraction importante des ondes acoustiques retardées et parasites ou indésirables, mais très peu des ondes acoustiques recherchées qui rayonnent horizontalement. L'onde transmise à la membrane par la bobine mobile transfère d'une
20 façon cohérente, une partie de son énergie, en réalité une fraction très minime, à l'air ambiant pendant qu'elle descend le long de la membrane jusqu'au bord de celle-ci. Lorsque cette onde parvient au bord de la membrane, son travail utile est terminé. Tout transfert ultérieur d'énergie vers l'air ambiant est indésirable car il produit des ondes acoustiques qui " traînent "
25 ou "retardent" derrière les ondes utiles ou véritables qui ont déjà été propagées.

Par conséquent, il est souhaitable d'absorber aussi complètement que possible l'énergie ondulatoire qui n'a pas été propagée par rayonnement dans la membrane, afin d'éviter qu'une
30 quantité appréciable d'énergie ondulatoire soit réfléchiée radialement vers l'intérieur. Cela exige que l'impédance mécanique du moyen 8 d'absorption d'énergie corresponde à l'impédance mécanique de la membrane 1 à leur point de rencontre, et que ces
35 impédances soient aussi purement résistives que possible.

Cette absorption d'énergie peut être assurée par l'usage d'une cloison annulaire flexible 27 entourant la membrane, ainsi que le montre la figure 3 en coupe transversale. Cette cloison

annulaire 27 se compose d'un élastomère ayant une perte mécanique importante lorsqu'il est soumis à des vibrations. Le matériau et ses densité, épaisseur, facteurs de perte, souplesse et forme sont choisis de façon à assurer une absorption maximale de l'énergie ondulatoire et cela sur une gamme très étendue de fréquences.

La cloison annulaire maintient la grande base de la membrane dans sa position correcte dans le sens horizontal. Elle la maintient également dans sa position verticale correcte en cédant dans la mesure nécessaire pour conférer au haut-parleur la caractéristique de résonnance aux basses fréquences. En outre, elle empêche la fuite d'air ou d'ondes acoustiques à basse fréquence entre la membrane et l'anneau de montage du haut-parleur qui est fixé à l'enceinte ou baffle 9.

L'absorption d'énergie ondulatoire au bord de la membrane pourrait également, à titre de variante, être assurée par l'usage d'un amortissement combiné par fluide et élastomère, ainsi que le montre la figure 4 à titre d'exemple. Les éléments annulaires 28 et 29 sont réalisés en élastomère ayant la souplesse voulue et les propriétés de perte désirées, et elles renferment un fluide 30 dans lequel un élément annulaire 31 se déplace avec turbulence.

Il est avantageux d'utiliser cette technique, basée sur les pertes importantes le long de la pente de la membrane, en s'efforçant d'obtenir les meilleurs résultats au bord extrême. On réalise cette condition au mieux en utilisant un matériau à perte élevée dans la membrane proprement dite, ou en répartissant un matériau composé d'un élastomère à perte élevée, dans différentes zones de la membrane conique.

L'amortissement pourrait également être obtenu par des moyens magnétiques. Tout changement brusque de masse par unité de rayon se traduit par une certaine réflexion de l'énergie ondulatoire. Par conséquent, le matériau d'absorption d'énergie (par exemple 8 figure 1) sera fixé par des bords coniques ou grossièrement dentelés.

Enfin, la vitesse de propagation des ondes en un point quelconque d'une membrane conique sera essentiellement déterminée par les facteurs ci-après :

- 1.- Densité du matériau constitutif de la membrane;
- 2.- Module longitudinal d'élasticité parallèlement à la surface de la membrane, le long du rayon incliné, E_1 ;
- 3.- Module longitudinal d'élasticité parallèlement à la surface de la membrane, mais dans le sens circonférentiel, E_2 ;
- 5 4.- Angle de cône α , mesuré à partir d'un plan perpendiculaire à l'axe;
- 5.- Rayon de la membrane conique au point considéré;
- 6.- Fréquence du signal acoustique;
- 10 7.- Epaisseur de la membrane;
- 8.- Module d'élasticité à la flexion le long d'un rayon incliné, E_3 ;
- 9.- Module d'élasticité au cisaillement le long d'une ligne circonférentielle, E_4 ;
- 15 10.- Densité de l'air;
- 11.- Propriétés de perte du matériau constitutif de la membrane.

Les six premiers facteurs sont les principaux facteurs déterminant la vitesse. Il est probable que, dans la plupart des cas, l'inclusion des autres facteurs modifierait la détermination de la vitesse dans une mesure moindre que les variations qui sont couramment constatées par suite d'un défaut d'uniformité du matériau.

20

REVENDICATIONS

- 1.- Un dispositif producteur de sons, comprenant une membrane conique, des moyens vibrants pour appliquer une énergie vibratoire à cette membrane conique, ces moyens vibrants étant fixés à la membrane conique le long d'une ligne circulaire d'excitation, une structure qui supporte les différentes parties dans une relation correcte et qui comprend un anneau qui entoure la membrane conique et établit un intervalle annulaire entre ledit anneau et la grande base de ladite membrane conique, un moyen souple prévu sur cet anneau et réunissant celui-ci à la grande base de la membrane conique, ce moyen souple fermant hermétiquement ledit intervalle annulaire entre la grande base de la membrane et ledit anneau, l'angle de la membrane conique par rapport à un plan perpendiculaire à son axe étant d'au moins 50° et étant déterminé par une ligne inclinée radiale reliant ladite ligne circulaire d'excitation à la ligne où la grande base de la membrane conique est réunie audit moyen souple, une enceinte fixée à cet anneau et enfermant au moins partiellement le côté concave de la membrane conique.
- 2.- Un dispositif producteur de sons, comprenant une membrane conique présentant des propriétés physiques, des dimensions et une forme telles que des ondes vibratoires se propagent le long d'un rayon incliné de ladite membrane conique à une vitesse moyenne supérieure à la vitesse du son dans le milieu environnant, un moyen d'excitation destiné à appliquer une énergie vibratoire à une extrémité de ladite membrane conique, des moyens amortisseurs destinés à amortir l'énergie vibratoire mécanique de la membrane conique, une structure supportant les différents éléments dans leur relation correcte et qui comprend un anneau entourant la membrane et établissant un intervalle annulaire entre ledit anneau et la grande base de la membrane conique, un moyen souple disposé sur cet anneau et propre à supporter ladite grande base de la membrane conique, ce moyen souple fermant hermétiquement ledit intervalle annulaire entre la grande base de la membrane conique et ledit anneau.
- 3.- Un dispositif producteur de sons suivant la revendication 2, lequel utilise un moyen amortisseur qui fait partie intégrante de la structure de ladite membrane conique afin d'absorber l'énergie vibratoire mécanique dans cette membrane, ce moyen amor-

tisseur étant constitué par un matériau élastomère.

- 4.- Un dispositif producteur de sons suivant la revendication 2, dans lequel ladite membrane conique est essentiellement constituée par du métal.
- 5 5.- Un dispositif producteur de sons suivant la revendication 2, lequel comprend un moyen qui enferme au moins partiellement le côté concave de la membrane conique et dans lequel ladite structure de support constitue un trajet acoustique pratiquement sans obstacle à partir du côté convexe de la membrane conique.
- 10 6.- Un dispositif producteur de sons suivant la revendication 2, dans lequel lesdits moyens amortisseurs font partie intégrante de la structure de ladite membrane conique, ces moyens amortisseurs étant composé. de matériau élastomère, une enceinte fixée à l'anneau précité enfermant au moins partiellement le côté
- 15 concave de la membrane.
- 7.- Un dispositif producteur de sons suivant la revendication 2, lequel comprend un moyen d'absorption des sons, situé à l'extérieur de la petite base de la membrane conique dans une zone dont le diamètre est égal au diamètre intérieur dudit anneau et
- 20 qui est concentrique à ce dernier.

Fig. 1A.

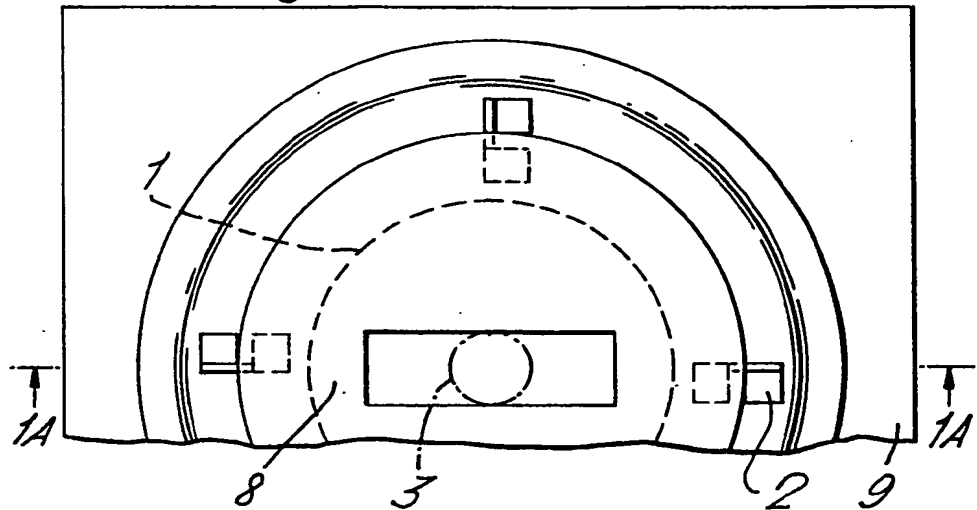


Fig. 1.

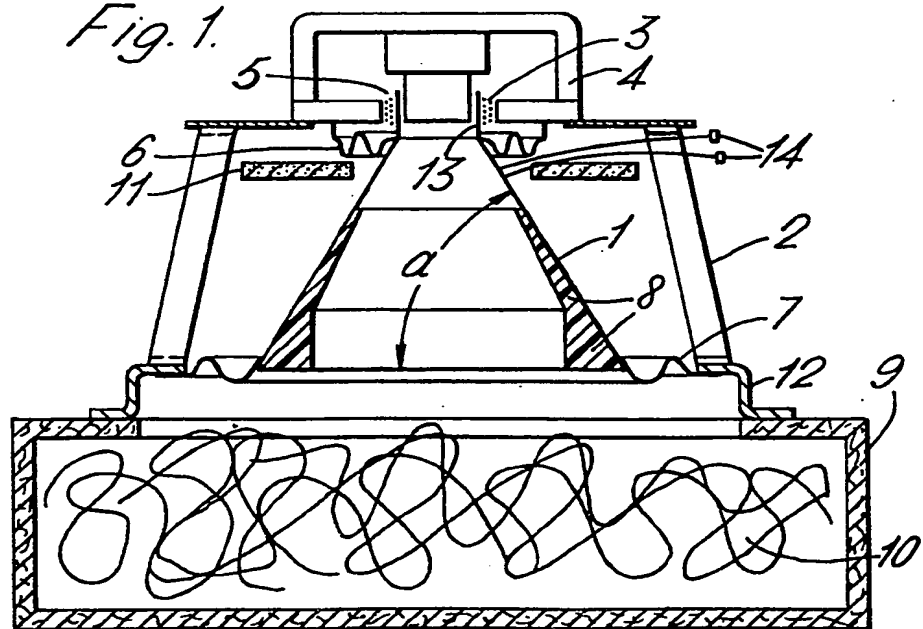


Fig. 2A.

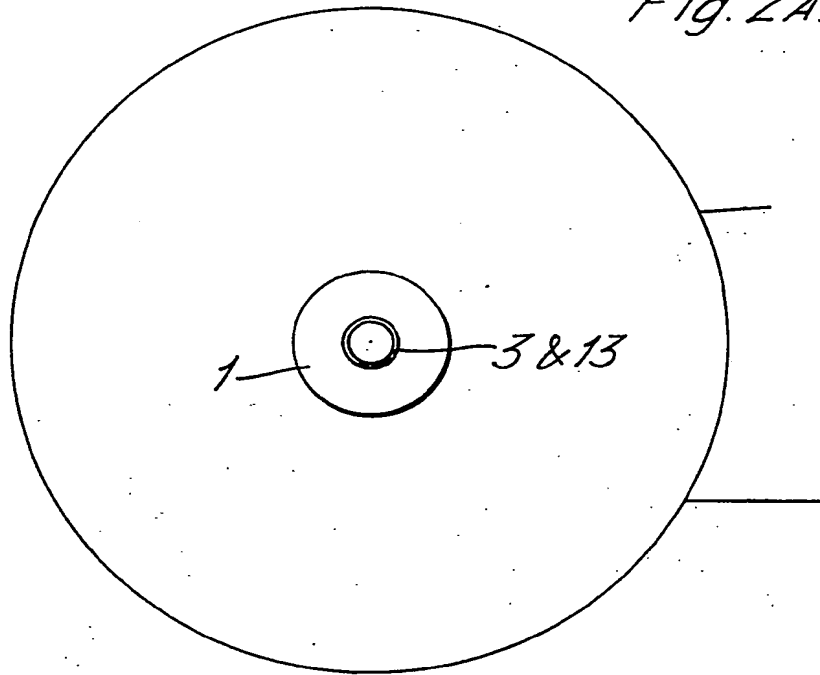
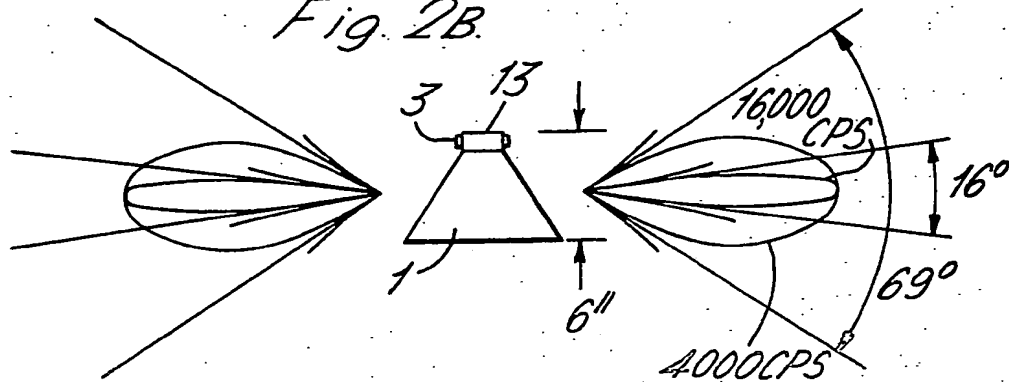
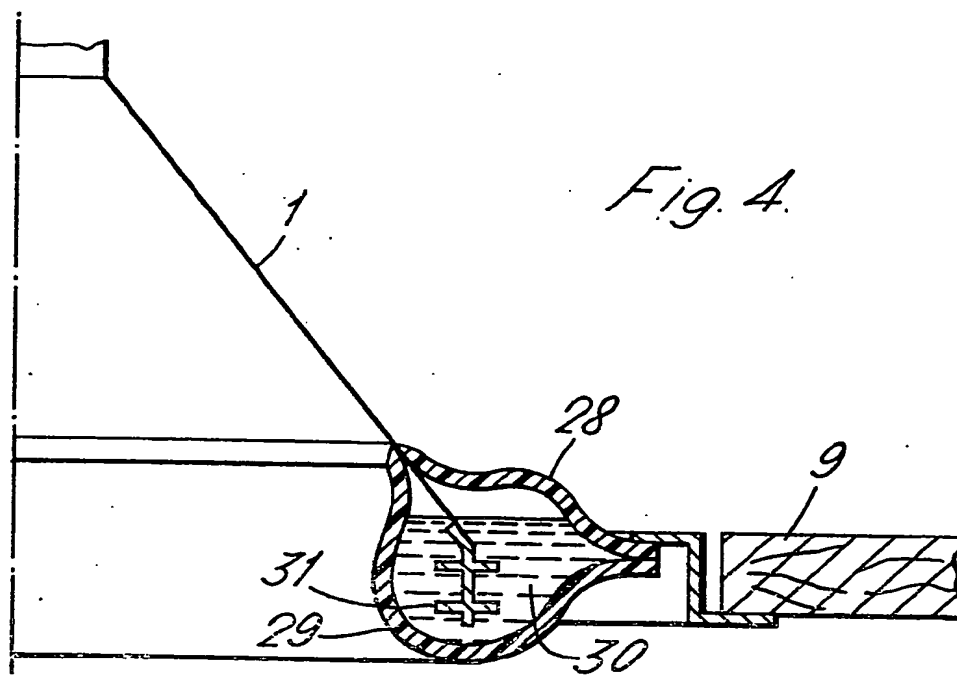
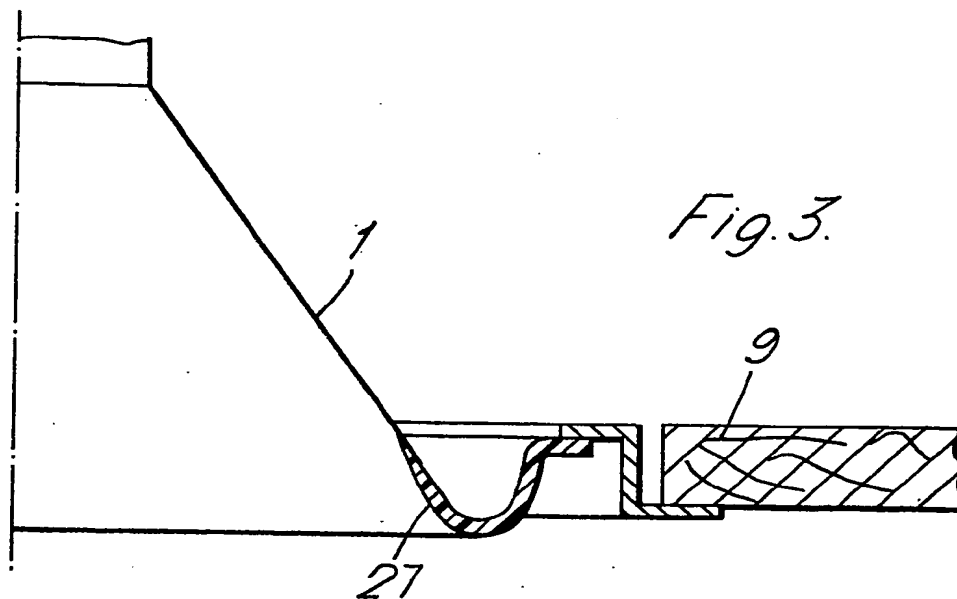
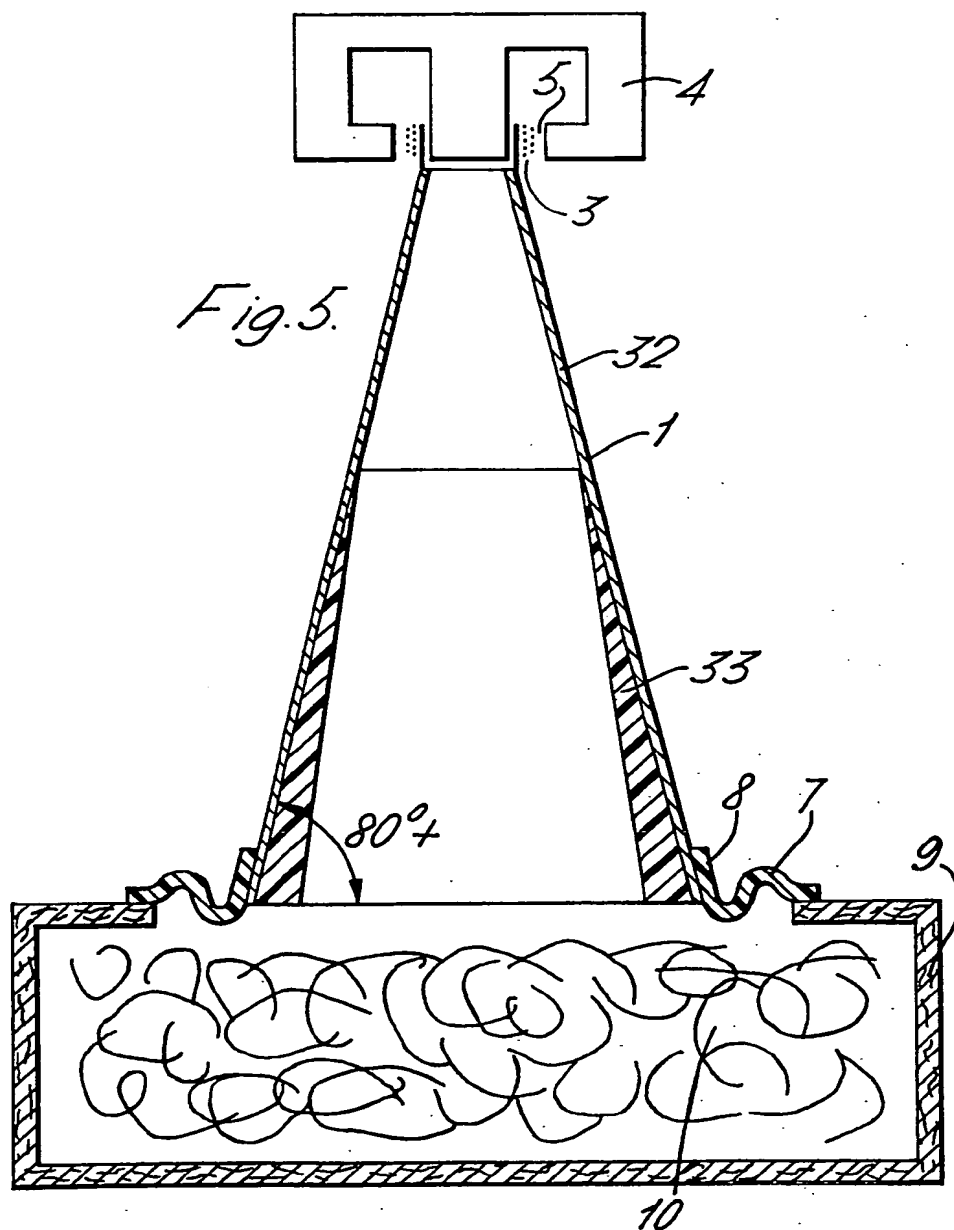
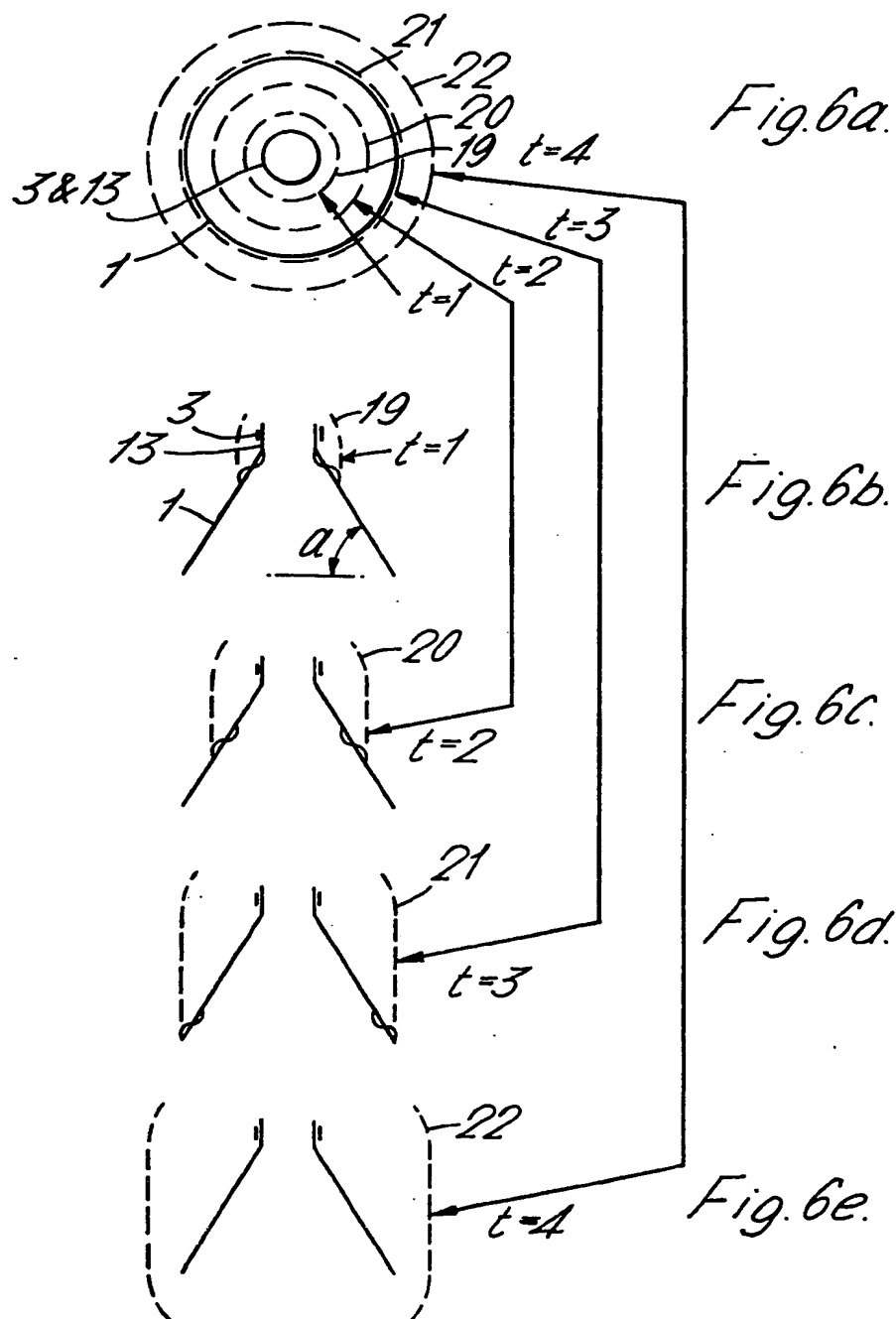


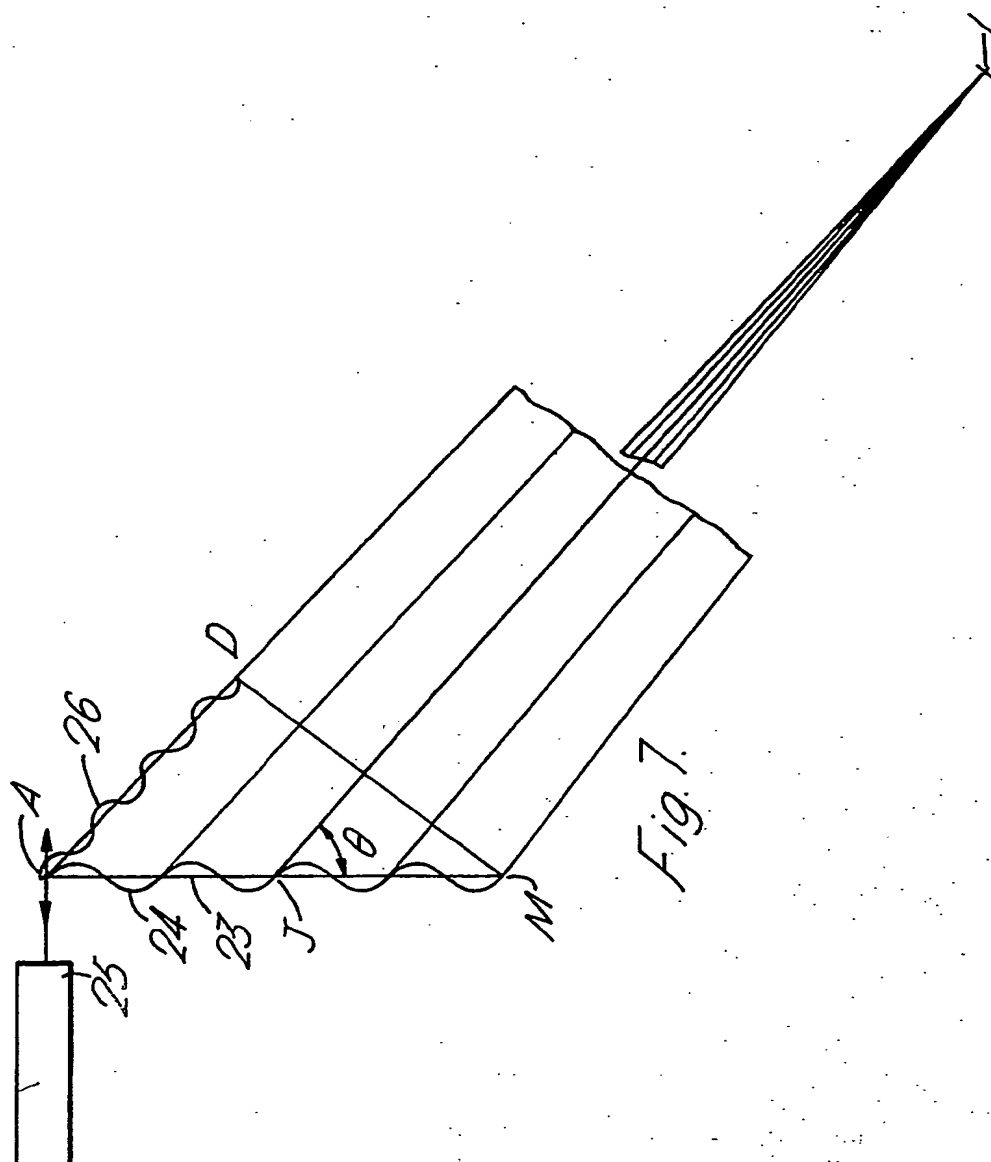
Fig. 2B.











**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)